

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 50

IHMISEN TOIMINNAN VAIKUTUS POHJAVETEEN

II TAIMITARHAT

**Esko Mälkki
Kirsi Sihvonen
Tuulikki Suokko**

V E S I - J A Y M P Ä R I S T Ö H A L L I T U K S E N
M O N I S T E S A R J A

Nro 50

IHMISEN TOIMINNAN VAIKUTUS POHJAVETEEN

II TAIMITARHAT

Esko Mälkki
Kirsi Sihvonen
Tuulikki Suokko

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallinnon virallisena kannanottona

Julkaisua saa Kuopion vesi- ja ympäristöpiiristä ja vesi- ja ympäristöhallituksen teknillisestä tutkimustoimistosta

ISBN 951-47-0261-1

ISSN 0738-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo, Helsinki
1988

TIIVISTELMÄ

Mälkki, E., Sihvonen, K. & Suokko, T. 1988. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. II Taimitarhat. 37 s., 4 liitettä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 50. Helsinki. ISBN 951-47-0261-1, ISSN 0738-3288.

Vesihallinnossa aloitettiin vuonna 1983 tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää erilaisten ihmistoimintojen vaikutusta pohjaveteen. Osatutkimuskohteina olivat hiekka-sora-alueilla sijaitsevat taimitarhat (2 kpl), joista toisessa tutkittiin taimitarhan suotovesien torjunta-aineiden määriä sekä lannoitteiden aiheuttamaa kuormitusta pohjavedenpinnan yläpuolella olevassa vajovedessä, toisessa samoja parametrejä alueelta purkautuvasta pohjavedestä. Työn päärahoittaja on ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö. Tutkimustuloksia voidaan käyttää hyväksi taimitarhojen pohjavedelle aiheuttamia riskejä arvioitaessa ja pohjavesien laadunvalvonnassa.

Asiasanat: taimitarha, kasvinsuojelu- ja torjunta-aineet, pohjaveden likaantuminen, riskin arviointi, Suomi.

ABSTRACT

Mälkki, E., Sihvonen, K. & Suokko, T. 1988. The influence of human activity on groundwater. II Forest Nurseries (text in Finnish with English and Swedish summary). 37 p., 4 app. National Board of Waters and Environment, Mimeograph 51. Helsinki. ISBN 951-47-0261-1, ISSN 0738-3288.

In National Board and Waters an investigation was started in the year 1983 in order to throw light on the influence of human activity to the groundwater. The partial area of the investigations were sites of forest nursery (2 pc) situating on sand-gravel formations. In one nursery seepage water over groundwater level was investigated especially for observing concentrations of pesticides as well as compounds of nitrogen in seeping water. In an another nursery same elements were investigated in groundwater. The main financier of the investigations has been Maj and Tor Nessling Foundation. The results are available when assessing the contamination risks of groundwater caused by nurseries as well as when controlling the quality of groundwater.

Keywords: forest nursery, pesticides, contamination of groundwater, risk assesment, Finland.

ESIPUHE

Pohjaveteen kohdistuvat uhkatekijät

Pohjaveden koostumus määräytyy osin maanpinnalla esiintyvistä/tapahtuvista ilmiöistä. Jo luonnonolosuhteiden vaikutuksesta pohjaveteen suotautuu yhdisteitä, esimerkiksi klorideja, nitraatteja ja sulfaatteja, joita tietyissä konsentraatioissa myös pidetään pohjaveden likaantumisen indikaattoreina. Ihmisen toiminta aiheuttaa oman, luonnonolosuhteista poikkeavan kuormituksensa, joka voi tapahtua ilmakehän kautta tai suoraan maanpinnalla. Molempien osalta vaikutus pohjaveteen syntyy pääsääntöisesti maahan suotautuvien sadevesien välityksellä.

Kaikki kuormittavat tekijät eivät välttämättä muodosta uhkaa pohjaveden laadulle. Pohjaveden yläpuolella olevat maakerrokset pidättävät osan epäpuhtauksia tai muuttavat niitä haitattomampaan muotoon. Itse pohjavesivyyhykkeessä sama prosessi jatkuu. Sikäli kun kyse ei ole poikkeavan suuresta kuormituksesta tai suorastaan myrkyllisistä aineista, jotka pieninäkin pitoisuuksina olisivat terveydelle vaarallisia, luonnon puhdistusmekanismi pystyy tiettyynajaan saakka eliminoimaan haittavaikutuksia. Missä määrin, on yhtä puutteellisesti tunnettu kuin todellinen pohjaveteen kohdistuva kuormitus.

Jättäen ilmakehän kautta tulevan kuormituksen tarkastelun ulkopuolelle voidaan todeta, että ainakin lievästi pohjaveden laatua muuttavia toimintoja tapahtuu maassamme sadoissa tuhansissa erillisissä pohjavesialtaissa; lähinnä maa- ja metsätalouden vaikutuksesta. Tämän lisäksi esiintyy paikallista pistemäistä kuormitusta, jonka vaikutus pohjaveden laatuun on selviä haittoja aiheuttavaa.

Suuri osa muutoksista kohdistuu pohjaveteen, jonka hyödyntämistä ei voida ajatella. Osa muutoksista sitävastoin aiheuttaa vakavaa haittaa hyödyntämiskelpoisille pohjavesivaroille eri tyyppisissä geologisissa muodostumissa.

Kun kaikkea pohjavettä ei voida hyödyntää ja suojella, on ihmisen toiminnan vaikutusta tähän elementtiin tarkasteltava ennen kaikkea hyödyntämiskelpoisten pohjavesivarojen osalta. Tällöin ensisijaiseksi kohderyhmäksi muodostuvat harjujen tai vastaavien hiekkamuodostumien pohjavedet. Muilta osin ei ole erikseen nimettävissä geologisia muodostumaryhmiä vaan näistä riippumatta suojelu on kohdistettava kaikkiin sellaisiin, lähinnä pistemäisiin kohteisiin, joissa ihmisen elinympäristön puhtaus on turvattava puhtaan veden saamiseksi. Pyrkimys voimakkaasti pohjavettä kuormittavien päästöjen vähentämiseen kaikkialla on luonnollisesti tärkeää.

Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen kohteena ovat yhtäältä olleet hiekka-soramaa-alueilla (vettäjohtavia muodostumia eli akvifereja) sijaitsevat voimakkaasti likaavat tai sellaisiksi arvioidut seuraavat ryhmät: kaatopaikat, turkistarhat, puunkyllästämöt, hautausmaat ja taimitarhat. Toisaalta tarkastellaan asutuksen ja maanviljelyksen aiheuttamaa hajakuormitusta kaivovesiin geologisista olosuhteista riippumatta. Tavoitteena on ollut luoda taustatie-

toa näistä varsin vähän tunnetuista likaantumisilmiöistä.

Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimussuunnitelma laadittiin v. 1982. Varsinainen tutkimus on suoritettu vuosina 1983 - 1987. Sen esityönä suoritettiin merkittävimpien likaavien kohteiden luettelointi ns. tärkeillä pohjavesialueilla v. 1983 (Loikkanen, 1984). Tämän jälkeen tutkimusta jatkettiin em. kohderyhmittäin v. 1984 - 87. Jokaisesta em. kohderyhmästä laaditaan erillinen tutkimusraportti seuraavasti:

Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen:

- I Kaatopaikat
- II Taimitarhat
- III Hautausmaat
- IV Turkistarhat
- V Puunkyllästämöt
- VI Hajakuormituksen aiheuttama kaivovesien likaantuminen

Työn päärahoittaja on ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö.

Taimitarhoja koskeva tutkimus on suoritettu Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin ja lähinnä Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhan yhteistyönä. Analyyttisiin tutkimuksiin ovat osallistuneet myös Vesi- ja ympäristöntutkimuslaitoksen vesitutkimuslaboratorio, Valtion maatalouskemian laitos sekä Kuopion yliopisto.

Tutkijaryhmässä työskentelivät Maj ja Tor Nesslingin Säätiön palkkaamina tutkijoina Kuopion yliopistolla FK Kirsi Sihvonen 1984 - 85 (suunnittelu, näytteenotto, osittain analysointi) ja Luk Riitta Häkkinen 1986 (kirjallisuustarkastelu). Aineiston käsittelyyn ovat osallistuneet FK Tuulikki Suokko, vesi- ja ympäristöhallitus sekä toimistoapulainen Ulla Toiviainen, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri. Kenttätöistä ovat vastanneet rkm. Jorma Karhiaho (Suonenjoen lysimetriaseman suunnittelu ja rakentaminen) sekä rkm. Jorma Eronen (vesinäytteenotto). Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin vesilaboratorio on antanut merkittävän työpanoksen.

Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhalta selvityksissä ovat olleet mukana metsänhoitaja Risto Rikala ja taimitarhanhoitaja Kyösti Konttinen. Pohjois-Karjalan piirimetsälautakunnan taimitarha on antanut käyttöön tarhan toimintaan liittyvät tiedot. Maisteri Sakari Lilja, Metsäntutkimuslaitos, on tarkastanut käsikirjoituksen torjunta-aineita käsittäviä kohtia.

Yhteistyö kaikkien osapuolten kanssa ansaitsee kiitokset. Erityisesti kohdistan kiitokset Maj ja Tor Nesslingin Säätiölle tutkimuksen saamasta merkittävästä taloudellisesta tuesta.

Kuopiossa 24.2.1988

Esko Mälkki

S I S Ä L L Y S	sivu
1 JOHDANTO	9
2 TORJUNTA-AINEET	10
3 TAIMITARHOJEN POHJAVESIVAIKUTUSTEN TUTKIMUS SUOMESSA	10
4 TORJUNTA-AINEIDEN KULKEUTUMISESTA MAANPINNAN ALLE, KIRJALLISUUSTARKASTELUA	11
5 POHJAVESISÄ SALLITTUJA AINEPITOISUUKSIA	16
6 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TOTEUTTAMINEN	16
7 TUTKIMUSALUEIDEN OLOSUHTEET JA TUTKIMUS-JÄRJESTELYT	17
7.1 Suonenjoki	17
7.11 Hydrogeologiset olosuhteet	17
7.12 Taimitarhatoiminta	17
7.13 Koejärjestelyt	20
7.2 Juuka	22
7.21 Hydrogeologiset olosuhteet ja näytteenottopaikat	22
7.22 Taimitarhatoiminta	22
8 TUTKIMUSALUEILTA SAADUT HAVAINNOT	24
8.1 Suonenjoen vesinäytteiden tutkimustulokset	24
8.2 Juuan vesinäytteiden tutkimustulokset	26
9 TARKASTELUA JA PÄÄTELMIÄ	29
9.1 Torjunta-aineiden vaikutus pohjaveteen	29
9.2 Lannoitteiden vaikutus	32
9.3 Haittavaikutusten valvonta	32
YHTEENVETO	33
SAMMANDRAG	34
SUMMARY	35
KIRJALLISUUTTA	36

LIITTEET

1. Taimitarhojen hoitotoimenpiteet
2. Analyysimenetelmät
3. Vesinäytteiden tutkimustulokset, Suonenjoki
4. Vesinäytteiden tutkimustulokset, Juuka

JOHDANTO

Metsänviljelyn tarpeisiin tähtäävä taimikasvatus on suurelta osin keskittynyt harju- ja reunamuodostumien (Salpausselkä-muodostumat ja vastaavat) alueille. Viljelyn kannalta edullisia ovat erityisesti kyseisiin muodostumiin liittyvät tasaiset hienohiekkakankaat, joiden maaperä täyttää hyvin metsäpuutaimien kasvulosuhteiden ja viljelytekniikan asettamat vaatimukset.

Nämä kankaat kuuluvat yleensä osina pohjavesialueisiin, joiden pohjavesivaroja jo hyödynnetään tai alueet ovat tulevaisuudessa merkittäviä potentiaalisia pohjavesilähteitä. Vesihallituksen kartoittamalla tärkeillä pohjavesialueilla on tehdyn selvityksen mukaan (Loikka-nen 1984) yhteensä 8 taimitarhaa. Taimitarhojen lukumäärä koko maassa vuonna 1982 oli 50.

Esiin onkin noussut kysymys, aiheuttavatko taimitarhat riskejä pohjavedelle erityisesti niillä alueilla, joiden pohjavettä jo käytetään yhdyskuntien tai haja-asutuksen vedenhankintaan.

Metsänviljelyllä on Suomessa vuosikymmenien perinteet. Viljelyn määrä alkoi kasvaa nopeasti 1960-luvulla ja samalla alettiin voimakkaasti siirtyä kylvöstä istutukseen. Vuonna 1982 metsäistutuksen osuus oli jo noin 80 % maamme vuotuisesta metsänviljelyalasta. Istutusten runsaan lisääntymisen ovat mahdollistaneet keskustaimitarhat.

Metsäpuiden taimitarhoilla käytetään kastelua, lannoitusta sekä torjunta-aineita.

Kastelu

Kastelua käytetään yleensä korvaamaan maan pintavyöhykkeessä tapahtuvaa haihduntaa juurikerroksen vesivajauksen estämiseksi, ts. kasteluvedestä ei periaatteessa pitäisi joutua vettä vajovesivyöhykkeeseen merkittäviä määriä.

Avomaalla käytettävät kastelulaitteet ovat useimmiten siirrettäviä. Niihin on kiinnitetty ympyräsadettimia. Kasteluveden määrä on n. 1 000 m³ vuodessa hehtaaria kohden.

Lannoitus

Taimien riittävä ja suhteiltaan oikea ravinteiden saanti järjestetään kasvualustan peruslannoituksella sekä kasvukauden aikaisilla toistuvilla hoitolannoituksilla. Käytettävät lannoitteet ovat yleensä nopealiukoisia moniravinnelannoitteita. Peruslannoitus tehdään taimitarhoilla normaalisti kolmen vuoden välein, jolloin käytetään esim. kloorivapaata Y-lannoitetta keskimäärin 500 kg/ha. Hoitolannoituksessa käytetään vastaavaa lannoitetta kerran kasvukaudessa keskimäärin 200 kg/ha ja typpilannoitetta kaksi kertaa kasvukaudessa yhteensä keskimäärin 400 kg/ha.

TORJUNTA-AINEET

Hyönteis- ja sienituhoja sekä rikkakasveja vastaan taimitarhoilla käytetään torjunta-aineita. Niiden levityksessä käytetään pääasiassa traktoriin kiinnitettäviä ruiskuja tai joskus selässä kannettavia mootto-roituja reppuruiskuja. Torjunta-aineet annetaan neste-mäisinä tai joskus rakeina. Yleisimmin käytössä olevat torjunta-aineet havupuiden sienituhoja vastaan ovat manebi-, zinebi- ja kuparioksidivalmisteita. Talvitu-hosieniä vastaan havupuiden taimet ruiskutetaan kvin-totseenilla (PCNB). Koivun ruostetta torjutaan triadi-mefonia sisältävällä torjunta-aineella. Istutuksiin menevät männyn taimet suojataan tukkimiehentäin (Hylo-bius) tuhoja vastaan käsittelemällä taiminippujen verso-osat ennen istutusta synteettisiä pyretroideja (permet-riini, sypermetriini, deltametriini) sisältävillä torjunta-aineilla. Ennen vuotta 1986 männyn taimet käsiteltiin pääasiassa lindaanilla.

Kylvömaan desinfiointiin käytettävät kemikaalit ruisku-tetaan maahan yleensä kyntämisen yhteydessä. Näitä käytetään enää vain harvoin.

Hyönteistuhoja vastaan käytetään taimitarhoilla tarvit-taessa dimetooatti-, bromofossi-, metyylioksidemetoni-ja pyretroidivalmisteita. Rikkakasvien torjuntakemi-kaalit annetaan traktoriruiskulla hajalevityksenä tai suunnattuna rivivälilevityksenä. Yleisimmin käytettävät torjunta-aineet ovat atratsiini-, terbutylatsiini- ja diklobeniilivalmisteita. Lisäksi rikkakasvien torjuntaa suoritetaan käsin kitkien, käyttämällä erilaisia käsiharoja sekä traktorivetoisia haroja tai jyrsimiä. Joillakin taimitarhoilla peitataan käytettävä havupui-den siemenaines itämisvaiheen sieni- ja lintutuhoja vastaan. Torjunta-aineita levitetään yleensä 1 - 10 kertaa kasvukaudessa ja kutakin kauppavalmistetta annetaan keskimäärin 1 - 3 kg/ha/käyttökerta, kvin-totseenia huomattavasti enemmänkin. Taimitarhoille ajetaan määrätyn väliajoin $5 - 10$ cm kerros kasvutur-vetta (= $500 - 1\ 000\ m^3/ha$) kasvualustan ravinteiden ja vedensitomiskyvyn lisäämiseksi.

TAIMITARHOJEN POHJAVESIVAIKUTUSTEN TUTKIMUS SUOMESSA

Torjunta-aineiden pintavesiin kohdistuvista vaiku-tuksista on Suomessa lukuisia eri tutkimuksia. Pohjave-den osalta tällaisia tutkimuksia on vähän. Maa- ja metsätaloudessa käytettävien torjunta-aineiden vesis-tövaikutuksia selvittäneen työryhmän mietinnössä (1982) korostetaan torjunta-aineiden pohjavesivaikutusten tutkimustarvetta.

Suomen geologiset olosuhteet asettavat pohjavesitutki-mukselle omat erityisvaatimuksensa. Ulkomaiden olosuh-teissa saatuja tuloksia (ks. kohta 4) ei sellaisenaan voida pitää täällä edustavina.

Tiettävästi toistaiseksi ainoa taimitarhoja laajemmin käsittelevä tutkimus on ollut vesiviranomaisten ja Keskusmetsälautakunta Tapion yhteinen kolmea taimitarha-aluetta koskeva selvitys (Pasanen ym. 1982).

4

TORJUNTA-AINEIDEN KULKEUTUMISESTA MAANPINNAN ALLE (KIRJALLISUUSTARKASTELUA)

Vesihallituksen työryhmän raportissa (1982) todetaan, että koska viime aikoina suuntaus on ollut nopeasti hajoaviin torjunta-aineisiin, lieenee kulkeutuminen pinta- ja pohjavesiin vähäistä. Kuitenkin esimerkiksi anioniherbisidit (rikkakasvien torjunta-aine), jotka eivät tartu negatiivisesti varautuneisiin maahiukkasiin, voivat kulkeutua pohjavesiin maaperän kautta.

Itä-Nebraskassa (Ghadiri ym. 1984) tehty tutkimus osoittaa atratsiinin olevan kaikkein pysyvin käytössä oleva herbisidi. Sademäärä, sateen frekvenssi ja kesto vaikuttavat atratsiinin hajoavuuteen ja sen pitkäikäisyyteen maaperässä. Tutkimuksessa verrattiin myös atratsiinin huuhtoutumista ajan funktiona viljelyolosuhteissa sekä hajoamista muokatussa ja muokkaamattomassa maassa. Maanäytteet otettiin aluksi 20 cm syvyydestä, myöhemmin 40 cm syvyydestä.

Vuoden 1979 koetulokset osoittavat, että atratsiinipitoisuus vähenee lisäyksestä lukien 75 % 61 päivän aikana. Atratsiinin puoliintumisaika arvioitiin lineaariregressiolla 42 päiväksi muokatussa ja 50 päiväksi muokkaamattomassa maassa. Eniten torjuntaainetta löydettiin maan ylimmästä 5 cm paksuisesta kerroksesta. 40 cm syvyydessä torjunta-aineesta oli vain jälkiä.

Junkin ym. tutkimuksessa (1980) todettiin pintavedestä ja näytteenottokaivoista otettujen pohjavesinäytteiden orgaanisten aineiden pitoisuuksien vaihtelevan alueellisesti, vertikaalisesti ja ajallisesti. Näytteiden atratsiini-pitoisuudet vaihtelivat välillä <0,01 - 88 ug/l. Konsentraatiohuiput havaittiin matalakaivon vedessä kastelualueella kastelukauden loppupuolella. Alueellinen ja vertikaalinen atratsiinin vaihtelu on läheisessä yhteydessä havaittujen nitraattityypen pitoisuuksien kanssa. Atratsiinipitoisuuksien ajallinen vaihtelu antaa kuitenkin viitteen, että atratsiini ei ole säilyvä pohjaveden aineosa.

Junkin ym. aikaisemmassa tutkimuksessa (1976) on selvitetty kolmen pestisidin (atratsiinin, DDE:n ja dieldriinin) pitoisuuksia maanpinnalla ja pinnan alaisissa kerroksissa aina pohjaveteen asti. Pintavedestä (joki) löydettiin suuria kontaminaatioita, joissa voitiin havaita myös vuodenajan ja ilmaston aiheuttamaa vaihtelua. Myös matalien kaivojen ja vedenottamoiden vesi oli kontaminoitunut. Syvien kaivojen vedestä kontaminaatiota ei joko havaittu tai löydettiin vain

merkkejä. Kaivot sijaitsivat kuitenkin saastuneiden jokien tulvatasankojen ulkopuolella.

Pintavesissä pestisidien määrä oli kesällä vähäisempi kuin keväällä. Alkukevällä todettiin huomattavaa kasvua pitoisuuksissa kovien eroosiota aiheuttavien sateiden jälkeen. Kun kasvit kasvoivat ja sateen määrä sekä intensiteetti vähenivät, pestisidien määrä vedessä laski.

Tutkittaessa joen raakavettä ja siitä maaperään suotautunutta vettä todettiin, että suotovedessä pestisidikontaminaatio ei mainittavasti vähentynyt.

Spaldingin ym. tutkimuksessa (1979) näytteitä otettiin kahdeksastatoista keinokastelukaivosta, joissa pohjavedenpinta oli yleensä alle kolmen metrin syvyydellä maanpinnasta. Näytteistä analysoitiin nitraattityppi ja atratsiini. Pohjavesinäytteiden atratsiinipitoisuus vaihteli rajoissa $<0,005 - 6,96 \text{ ug/l}$.

Nitraattityypen ja atratsiinipitoisuuksien välillä todettiin merkittävä korrelaatio ($r = +0,48$).

Aikaisemmissa tutkimuksissa kenttäkokeilla on todettu, että fytotoksisen atratsiinin esiintymisaika maaperässä on kääntäen verrannollinen orgaanisen aineen määrään. Siten mikrobiologinen ja kemiallinen hajoaminen saattaa olla tärkeä atratsiinin vähenemiseen vaikuttava mekanismi.

Nebraskassa Yhdysvalloissa Wehtjen ym. tutkimuksessa (1984) on mitattu atratsiinin suotautumista maanpinnasta juurikerrokseen kastelluilla maissipelloilla. Maaperä tutkimusalueella oli tulvamaata, joka 0,3 metrin syvyydessä sisälsi 72 % hiekkaa, 17 % silttiä ja 11 % savea. Hiekan osuus kasvoi syvemmälle mentäessä siten, että 1 metrin syvyydessä saveen ja siltin osuus oli merkityksetön. Maaperän rakeisuus vaihteli keskikarkeasta karkeaan hiekkaan ja pH oli välillä 5,7 - 6,2. Veden pinta oli talviaikana alueella 4,3 metriä maanpinnasta, mutta kastelukauden lopulla se aleni noin kuuteen metriin.

Vuonna 1979 annettiin alueelle 2,2 kg/ha atratsiinia. Näytteiden keräilyalueelle annettiin atratsiinia lisäksi 2,2 kg/ha. Vuonna 1980 käytettiin atratsiinia 2,2 kg/ha. Atratsiinia löytyi kaikista maakerroksista syksyllä 1979 ja keväällä 1980, vähiten syvimmältä (1,5 - 1,8 m). Marraskuun 1979 ja huhtikuun 1980 välillä atratsiinin keskimääräinen pitoisuus maaperässä laski 3,47 ug:sta/kg 1,75 ug:aan/kg. Tämän atratsiinin häviäminen voidaan katsoa kemiallisen hydrolyysin ja näytteen keräyskerroksen alapuolella alaspäin tapahtuvan huuhtoutumisen aikaansaamaksi.

Pohjaveden saavuttava atratsiinimäärä on tutkimuksen mukaan pieni. Läntisessä kaivossa pohjavesi sisälsi keskimäärin 0,14 ug/l atratsiinia havaintoaikana ja itäisessä kaivossa suunnilleen veden virtaussuunnassa

0,87 ug/l. Kasvava atratsiinipitoisuus virtaussuunnassa indikoi ainekulkeumaa. Pohjavedessä havaitut ilmiöt heijastavat toistuvia käytön, suotautumisen ja kerrostumisen syklejä ilman täydellistä hajoamista.

Atratsiini voi hävitä joko mikrobiologisesti tai kemiallisesti. Mikrobiologinen häviäminen on lämpötilasta riippuvainen ja se on rinnakkaisilmiö lisähiilen mukanaolon ja energialähteen kanssa. Mikrobiologisen häviämisen on osoitettu olevan pääasiallisin häviämistapa etenkin pH:n ollessa alle 6.

Tutkijat selvittivät atratsiinin häviämistä jäljiteltyissä pohjavettä johtavan kerroksen olosuhteissa (hiekkä, 12°C, pH 6,2). Tulokset osoittavat, että hydroksi- atratsiinin muodostumisnopeus olisi 3 %/90 päivää. Olosuhteissa, jotka ovat vielä edullisemmat mikro- biologiselle aktiivisuudelle (hiilen lisäys, 24°C, ilmastus) tulokset olivat muuttumattomia. Tutkijat toteavat, että atratsiinin muuntuminen hydroatratsiiniksi on ainoa häviämiskeino pohjavettä johtavassa kerroksessa.

Vesiviranomaisten ja Keskusmetsälautakunta Tapion selvityksessä (Pasanen ym. 1982) lannoitteiden sekä torjunta-aineiden huuhtoutumista maaperään ja pohjaveteen tutkittiin kolmella taimitarhalla.

Alastaron Virttaankankaan Hietikon taimitarha-alueella maaperässä on hyvin vettäjohtavia kerroksia, joiden paksuus pohjavedenpinnan yläpuolella on 4 - 8 metriä.

Miekkainpetäjän taimitarha Jämsän Kerkkolankankaalla on pääasiallisesti hiekkamaalla. Pohjavedenpinnan yläpuolella olevan kerroksen paksuus on pieni, paikoin vain metrin luokkaa.

Saarijärven Ahvenlammin taimitarha on karkearakeisen pitkittäisharjun reuna-alueella, joka on hiekkasilttilvaltaista. Pohjavedenpinnan yläpuolella olevien maakerosten paksuus on yleisesti 5 - 10 metriä, paikoin enemmänkin.

Runsaimmin käytetyt torjunta-aineet (tehoaineet) ovat atratsiini, kvintotseeni, sekä ditiokarbamaatit zinebi ja manebi.

Maanäytteitä otettiin Miekkainpetäjän tarhalta kolmesta, sekä Hietikon tarhalla kahdesta pisteestä. Näytteet otettiin maanpinnasta, 30 cm:n sekä 100 cm:n syvyydestä. Näytteiden kokonaisfosfori- ja -nitraattipitoisuudet sekä torjunta-ainejäämät on esitetty taulukossa 1.

Pohjavesinäytteitä otettiin yhteensä 12 pisteestä. Näytteiden kokonaisfosfori- ja nitraattipitoisuudet sekä torjunta-ainejäämät on esitetty taulukossa 2.

Tutkimustulosten perusteella todettiin, että valtaosa torjunta-aineista ja lannoitteista pidättyy pintamaahan taimien juurikerrokseen.

TAULUKKO 1

Hietikon (H) ja Miekkaainpetäjän (M) taimitarhojen maanäytteiden kokonaisfosfori- ja nitraattipitoisuudet sekä torjunta-ainejäämät mg/kilo Pasasen ym. (1982) mukaan.

Näyte/syvyys	fosfori (P)	nitraatti (NO ₃)	atratsiini	kvintotseeni	manebi + zinebi (manebiksi laskettuna)
H 1 pintam. 30 cm 100 cm	761 707 396	34 35 33	ei todettu(< 0,02)	0,2 0,3 0,005	23 0,3 ei todettu(< 0,02)
H 2 pintam. 30 cm 100 cm	516 533 314	40 14 15	" " "	6,4 0,06 0,005	49 0,8 0,1
H 3 pintam. 30 cm 100 cm	537 322 277	88 26 13	" " "	4,3 0,1 0,03	27 0,5 0,03
M 1 pintam. 30 cm 100 cm	537 286 285	22 18 11	" " "	6,2 0,01 0,001	42 ei todettu "
M 2 pintam. 30 cm 100 cm	555 329 259	25 17 11	" " "	2,6 0,008 0,005	11,6 ei todettu "

14

TAULUKKO 2

Hietikon (H), Miekkainpetäjän (M), ja Ahvenlammen (A) taimitarhojen pohjavesinäytteiden kokonaisfosfori- ja nitraattipitoisuudet sekä torjunta-ainejäämät mg/l Pasasen ym. (1982) mukaan.

Näyte/näytteen- ottopaikka	kok.fosfori	nitraatti	atratsiini	kvintotseeni	manebi + zinebi (manebiksi lask.)
H 1 kaivo	0,8	1,7	ei tod. (<0,005)	ei tod. (<0,00002)	ei tod. (<0,002)
H 2 putki	1,4	<0,5	"	"	"
H 3 kaivo	1,4	41,0	"	"	"
H 4 pohjavesilammikko	0,8	1,8	"	"	"
H 5 vedenottamo	0,7	<0,5	"	"	"
M 6 kaivo	0,8	4,4	"	"	"
M 7 pohjavesilammikko	0,8	12,0	"	"	"
M 8 putki	0,8	29,0	"	"	"
M 9 pohjavesilammikko	0,6	<0,5	"	"	"
A10 salaojan purkup.	1,5	53,0	0,001	"	"
A11 pohjavesilammikko	0,9	60,0	0,005	"	"
A12 kaivo	1,6	110,0	ei tod.	"	"

Torjunta-aineita ei pohjavedessä havaittu käytännöllisesti katsoen juuri lainkaan ja maaperänäytteistä tehtyjen analyysien mukaan ainepitoisuudet laskevat metrin syvyydellä maaperässä tuhannesosiin pintamaan pitoisuuksiin verrattuna.

Lannoitteiden pidäytyminen maaperään ei sen sijaan ollut yhtä suuri. Lannoiteainepitoisuus oli yhden metrin syvyydellä keskimäärin puolet pintamaan pitoisuudesta.

Pohjavedessä havaittiin melko korkeitakin nitraattipitoisuuksia (vaihtelu <0,5 - 110 mg/l). Pohjavedessä havaitut kokonaisfosforin määrät olivat 0,6 - 1,6 mg/l. Havaintojen perusteella fosforia kulkeutuu pohjaveteen olosuhteista riippumatta verraten tasaisesti, kun taas nitraattityypen määrään vaikuttavat suuresti vajovesi-kerroksen olosuhteet.

5

POHJAVESISÄ SALLITTUJA AINEPITOISUUKSIA

Suomen vesistöjen laatuluokituksissa ei ole otettu huomioon torjunta-aineita, eikä näille ole annettu raja-arvoja. Norjassa torjunta-aineiden kokonaismäärän raja on 10 ug/l, orgaanisten fosfaattien ja kloorattujen hiilivetyjen määrä ei saa olla yli 1 ug/l. EEC on antanut yksittäiselle torjunta-aineelle suurimmaksi sallituksi pitoisuudeksi 0,1 ug/l. Suomessa torjunta-aineiden yhteismäärä ei saa juomavedessä ylittää arvoa 0,5 ug/l (vesihallituksen työryhmä 1982). WHO:n Euroopan toimiston järjestämässä asiantuntijoiden kokouksessa 11. - 13.2.1987 Roomassa käsiteltiin raja-arvojen määrittämistä atratsiinille. Aineen hitaan häviämisen vuoksi raja-arvoksi ehdotettiin 2 ug/l.

Lääkintöhallituksen määrittämissä talousveden laatuvaatimuksissa (lääkintöhallituksen yleiskirje nro 1862) ei kokonaisfosforille ole asetettu ylärajaa. Nitraatille on asetettu kaksi rajaa: vesi on talousvedeksi hyväksyttävää, jos nitraatteja on vähemmän kuin 30 mg/l sekä talousvedeksi kokonaan kelpaamatonta, jos pitoisuus ylittää 50 mg/l.

6

TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TOTEUTTAMINEN

Vesiviranomaisten ja Keskusmetsälautakunta Tapion suorittamassa tutkimuksessa (Pasanen ym. 1982) on saatu selkeitä tuloksia erityisesti torjunta-aineiden pidätyksestä pohjavedenpinnan yläpuolella olevissa kerrostuomissa. Tulokset perustuvat maanäytteiden tutkimuksiin. Havainnot pohjavesissä esiintyvistä torjunta-ainejäämistä antavat viitteitä, että pohjaveden likaantumisriskit eivät olisi merkittäviä. Erityisesti tältä osin on tutkimus kuitenkin edelleen tarpeen.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin selvittämään

- taimitarhan suotovesissä esiintyviä lannoite- ja torjunta-aineiden pitoisuuksia vajovesikerroksessa lysimetrihavaintojen avulla
- lannoitteiden ja torjunta-aineiden pitoisuuksia pohjavedessä taimitarha-olosuhteissa.

Taimitarhojen suotovesitutkimusta varten rakennettiin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhan alueelle lysimetriasema.

Taimitarhojen pohjaveden ainepitoisuuksia tutkittiin Pohjois-Karjalan piirimetsälautakunnan Juuan taimitarha-alueen lähdevesistä.

Koealueilta otettiin vesinäytteitä vuosina 1984 - 87. Tavanmukaiset vedenlaatumääritykset tehtiin Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin laboratoriossa. Torjunta-aineet tutkittiin osin Kuopion yliopistolla (1984), pääasiassa kuitenkin vesihallituksen tutkimuslaboratoriossa (1984-85) sekä Valtion maatalouskemian laitoksella (1986 - 87). Kokonaisorgaanisen hiilen määritykset suoritti vesihallituksen tutkimuslaboratorio.

Tutkimusalueiden sijainti on esitetty yleiskartassa, kuva 1.

7 TUTKIMUSALUEIDEN OLOSUHTEET JA TUTKIMUSJÄRJESTELYT

7.1 SUONENJOKI

7.11 Hydrogeologiset olosuhteet

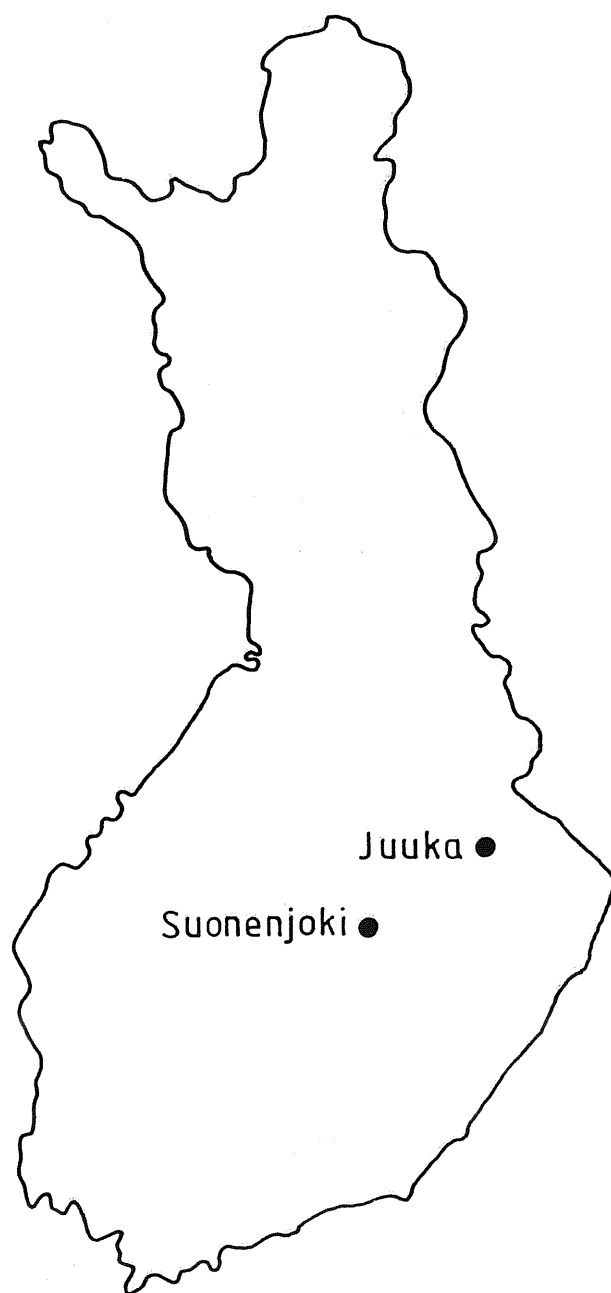
Suonenjoen taimitarhan alue (kuva 2) liittyy laajaan pitkittäisharjuun (Lintharju), jonka koillisreunalla tutkimuksen kohteena ollut taimitarha sijaitsee.

Maan pintaosa on ainakin 2,5 metrin syvyyteen asti karkeaa silttiä, jonka joukossa on hienoa hiekkaa. Tällainen maaperäkoostumus lienee taimitarha-alueiden maan pintakerroksissa yleensä vallitseva. Syvempien kerrosten koostumusta ei tutkittu.

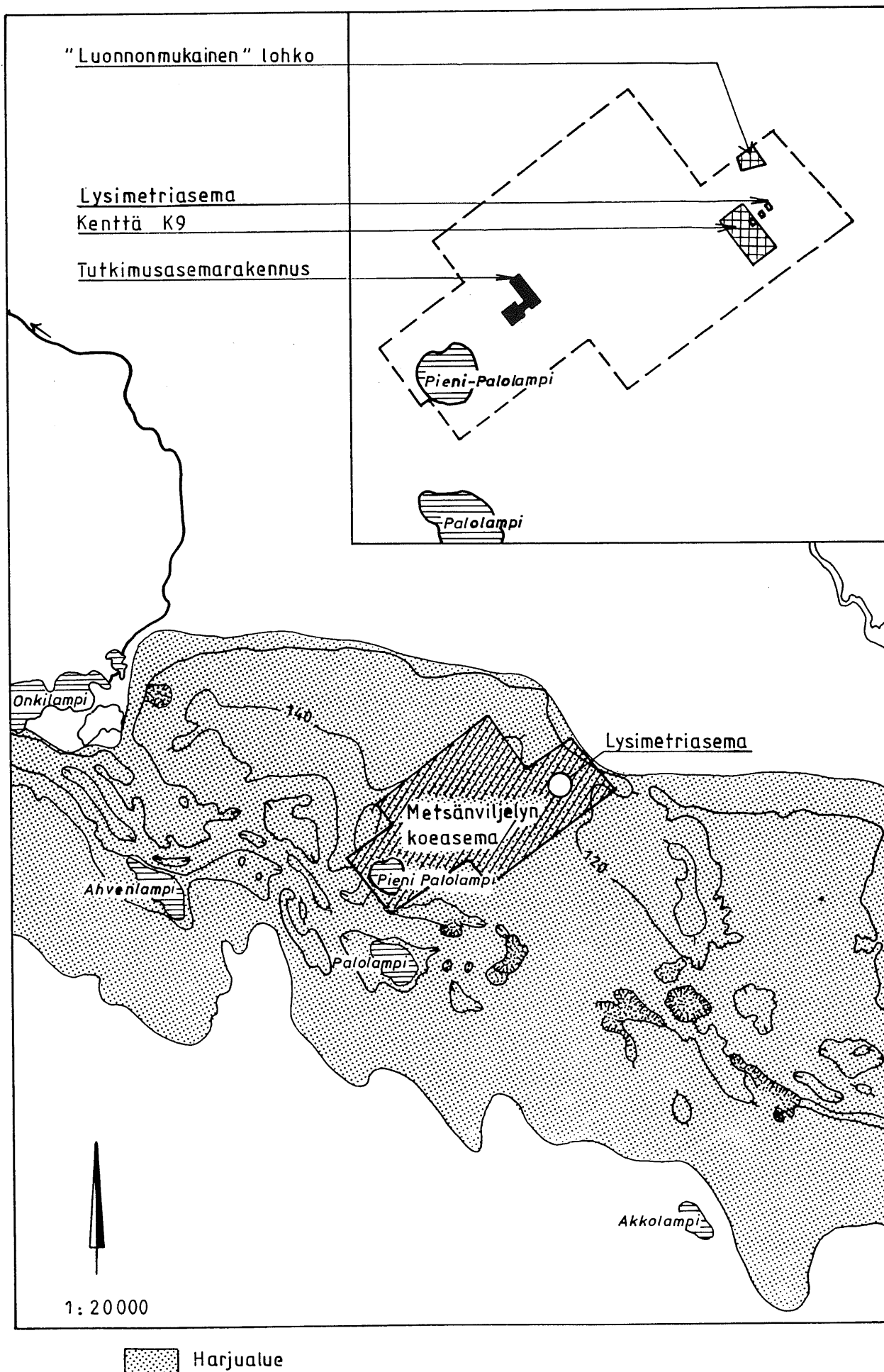
Tutkimusalueen maalajien vedenjohtavuus on sellainen, että merkittävää pintavaluntaa ei esiinny. Pohjaveden pinta on yli 15 metrin syvyydessä.

7.12 Taimitarhatoiminta

Taimitarhan peltojen ja muovihuoneiden yhteinen pinta-ala on noin 13 ha. Kasvualustana on pääosissa kasvuturpeen ja kivennäismaan seos.



Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti.



Kuva 2. Lysimetriasema Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusaseman ja taimitarhan alueella.

Eniten käytettyjä torjunta-aineita taimitarhalla ovat Maneba (tehoaineena manebi 800 g/kg), jota käytetään männyn sienitautien torjunnassa sekä Avicol-ruiskutejauhe (tehoaineena kvintotseeni PCNB 500 g/kg), jota käytetään havupuiden talvituhosienien torjunnassa. Vaihtoehtoinen aine Maneballe on Lonacol (tehoaineena zinebi 720 g/kg). Muista torjunta-aineista käytetään seuraavaksi eniten Gesaprim-50 (tehoaineena atratsiini 50 %).

Kasvatuskenttä K 9:llä vuosina 1984 - 87 suoritettut hoitotoimenpiteet ilmenevät liitteestä 1. Lannoitteina ovat pääasiassa Oulunsalpietari, kloorivapaa Y-lanta sekä puutarhan Y2 - Y3 yhteismäärän vaihdellessa 700 - 1 000 kg/ha vuodessa.

Gesaprim-50 torjunta-ainetta käytetään hehtaarilla 2-6 kg, Avicol torjunta-ainetta 15 - 30 kg sekä Manebaa 18 - 21 kg vuodessa.

7.13 K o e j ä r j e s t e l y t

Suotovesien koostumuksen selvittämiseksi kasvatuskentän K 9 reuna-alueelle rakennettiin kesäkuussa 1984 lysimetriasema (kuva 3).

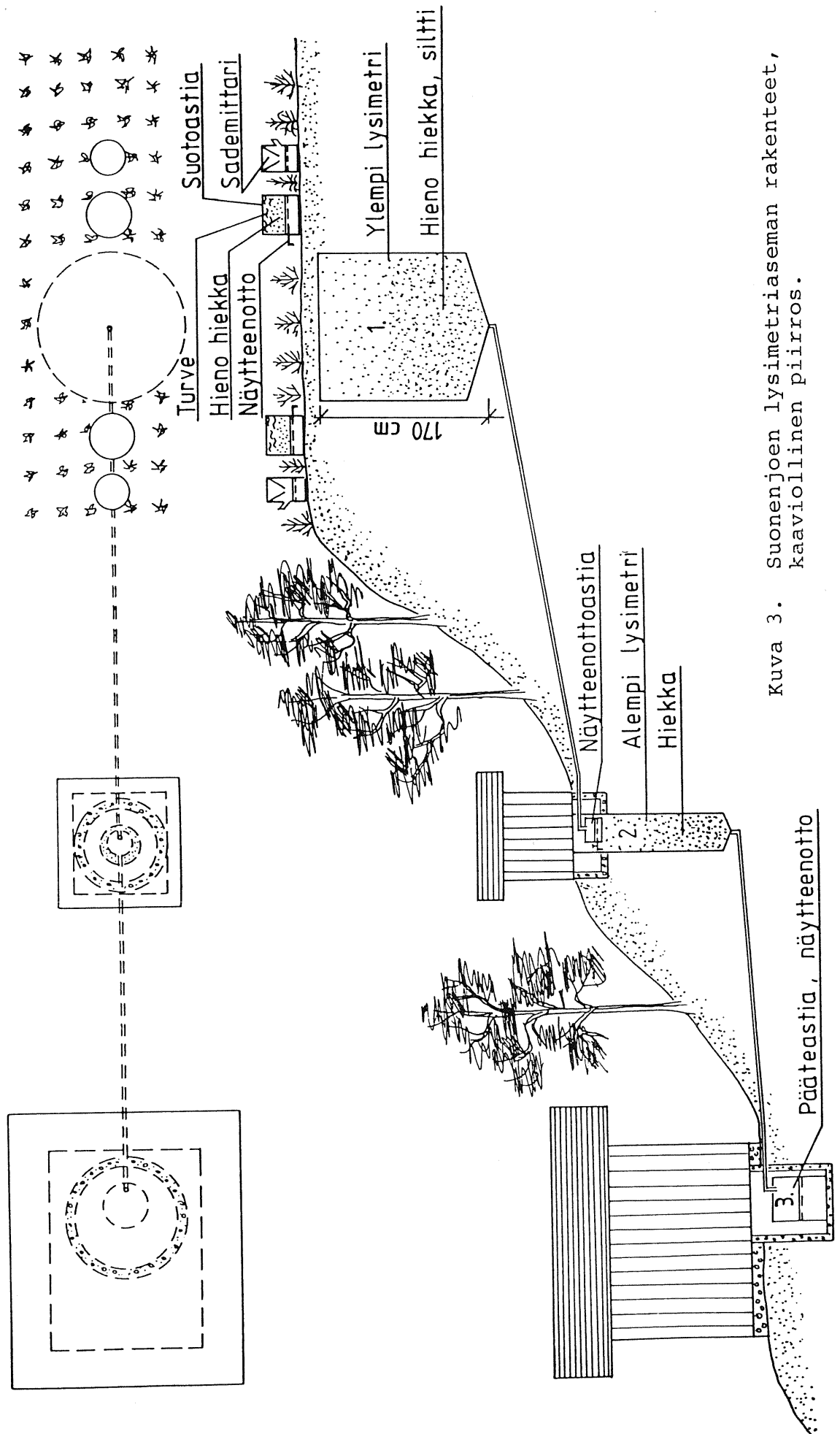
Maanpinnalla olevat suotoastiat

Maanpinnalle sijoitettiin suotovesiastiat (2 kpl), joiden korkeus oli 40 cm ja halkaisija 35 cm. Astiat, joiden alaosassa on näytteenottohana, täytettiin taimitarhan maaperän pintaosaa vastaavalla maalla. Pinta verhoitiin noin 5 cm paksulla kasvuturvekerroksella. Astiat on mitoitettu ja sijoitettu taimirivien väliin peräkkäin siten, että taimitarhan työkoneita muokkaukskoneita lukuunottamatta, voidaan käyttää normaaliin tapaan.

Maanpinnanalainen lysimetri

Koekentän tasaiseen reunaosaan sekä viereiseen jyrkästi viettävään rinteeseen rakennettiin kolmeosainen lysimetri (kuva 3). Sen ylimmän osan muodostaa tasangon (viljellyn alueen) kohdalla oleva, korkeudeltaan 170 cm ja halkaisijaltaan 160 cm oleva astia 1 (= "ylempi lysimetri"). Sen yläreuna on sijoitettu noin 40 cm maanpinnan alle siten, että muokkaus voidaan suorittaa normaaliin tapaan. Astia täytettiin sen kohdalla olleella kasvumaalla (karkea siltti).

Astiasta johtaa loivasti viettävä putki rinteeseen sijoitettuun, korkeudeltaan noin 200 cm ja halkaisijaltaan 50 cm olevaan astiaan 2 (= "alempi lysimetri"), jonka yläosassa on veden keräilyastia näytteenottoa



Kuva 3. Suonenjoen lysimetriaseman rakenteet, kaaviollinen piirros.

varten (astiasta 1 tuleva vesi). Astia on täytetty hiekalla (keskikarkea hiekka) perustuen siihen, että taimitarha-alueiden maaperä syvemmällä on usein pintaa läpäisevämpää.

Astiasta 2 johtaa viettävä putki vesinäytteen keräilyastiaan 3, joka on varustettu tyhjennysputkella.

7.2 JUUKA

7.21 Hydrogeologiset olosuhteet ja näytteenottopaikat

Taimitarha sijaitsee kaakko-luode-suuntaiseen pitkitäisharjuun liittyvällä tasaisella kentällä (kuva 4). Silmävaraisten havaintojen mukaan maaperän pintaosa on hiekansekaista karkeaa silttiä.

Tasanteen reunoilla maanpinta viettää alaspäin leikaten pohjavedenpinnan tason ja pohjavettä purkautuu lähteinä. Pääasiallisen purkautumisalueen muodostaa tasankoa leikkaava purolaakso.

Pohjavedenpinnan keskimääräinen taso on arviolta 5 metriä maanpinnasta.

Näytteenottopaikoiksi valittiin tasangon länsireunalla oleva lähde. Sen ylivuoto vaihtelee ollen keskimäärin muutamia kymmeniä kuutiometrejä vuorokaudessa.

Toiseksi näytteenottopaikaksi valittiin tasankoa leikkaavassa laaksossa oleva "tihkulähde", johon asennettiin kolmioaukolla varustettu astia. Ojan tulvan ja pieneliöiden vuoksi astia roskaantui ja näytteenotto lopetettiin keväällä 1985.

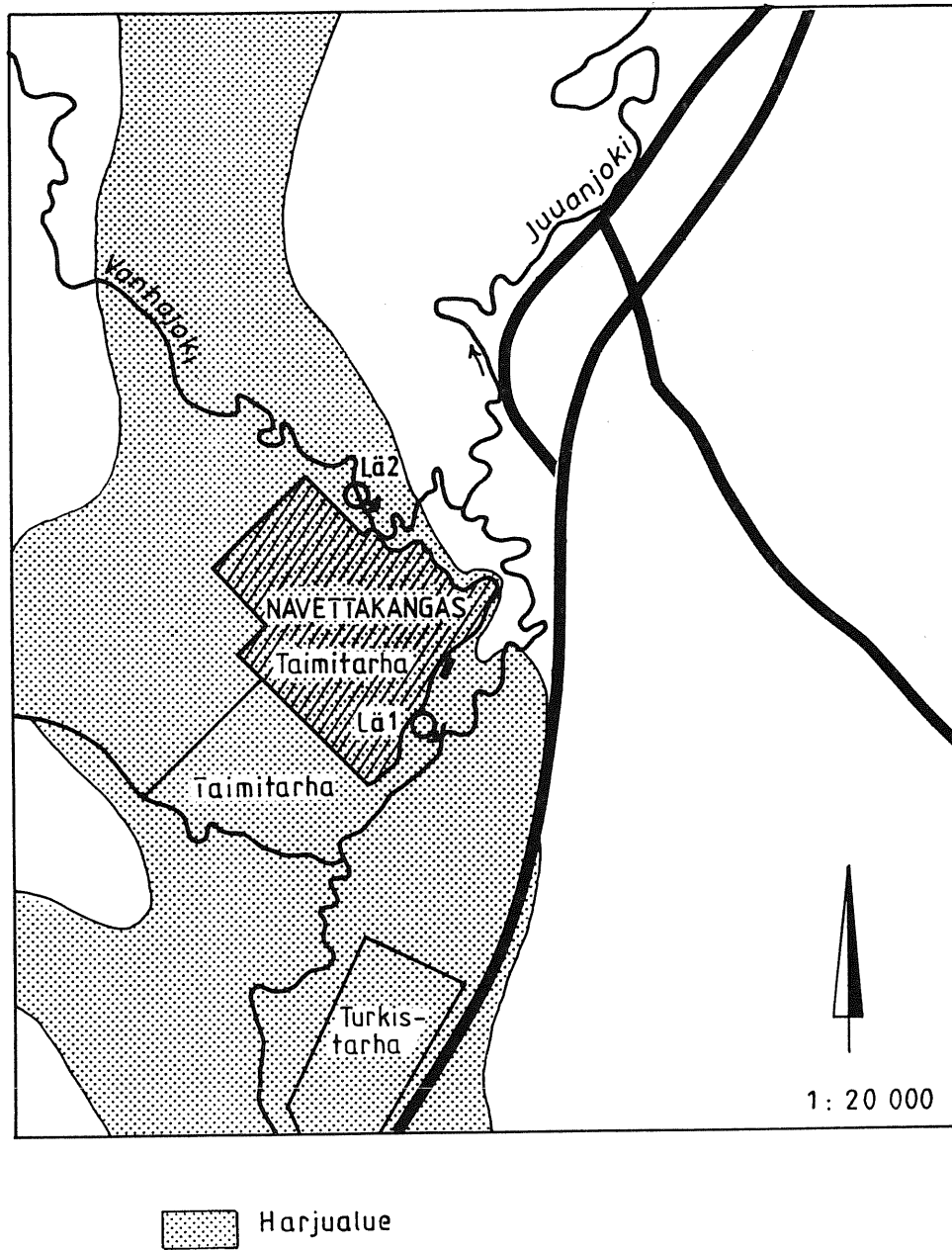
7.22 Taimitarhatoiminta

Taimitarhan tehopinta-ala on 28 ha. Kasvualustana on kasvuturpeen ja kivennäismaan seos.

Eniten käytetyt torjunta-aineet taimitarhalla ovat Maneba ja Avicol. Maneballe vaihtoehtoisena käytetään Lonacolia.

Manebaa annetaan ensimmäisen kerran kesäkuun puolivälissä ja sen antamista jatketaan koko kesän 10 - 14 vuorokauden välein. Manebaa annetaan 4 kg/ha enimmäislään kaikkiaan noin 12 hehtaarin alalle (mäntymäärästä riippuen).

Avicolia annetaan kaikille havupuille myöhään syksyllä ennen lumen tuloa 1 - 2 kertaa noin 20 hehtaarin alalle. Annettu määrä on 15 - 30 kg/ha.



Kuva 4. Pohjavesihavaintopaikat
Pohjois-Karjalan piirimetsälautakunnan
Juuan taimitarhan alueella.

Gesaprim-50 käytetään yhteensä 160 kg/v.

Lannoitteita annetaan kolme kertaa kesässä 200 kg/ha. Käytetyimmät lannoitteet ovat puutarhan Y-lannos ja Oulunsalpietari.

Käytetyt lannoite- ja torjunta-ainemäärät ilmenevät liitteestä 1.

8 TUTKIMUSALUEILTA SAADUT HAVAINNOT

8.1 SUONENJOEN VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

Näytteiden tutkimuksissa käytetyt analyysimenetelmät ilmenevät liitteestä 2.

Vesinäytteiden fysikaalis-kemialliset parametrit tutkittiin kaikista lysimetriastioista otetuista näytteistä. Näytemäärä oli pienin (2 kpl) maanpinnalla olevista astioista, joissa näytteenottoa rajoitti veden niukkuus. Tutkimusten tulokset on esitetty liitteessä 3. Torjunta-ainejäämiä, lähinnä kvintotseenia, tutkittiin samoin kaikista astioista. Määritysten tulokset on esitetty taulukossa 3.

Fysikaalis-kemiallisia tutkimustuloksia, erityisesti poikkeavuutta luonnolliseen pohjaveteen (vrt. taulukko 6), luonnehtivat eri astioissa vaihdellen korkeat/korkeahkot

sähkönjohtavuus	
ammoniumpitoisuus	
nitriitti	"
nitraatti	"
kokonaistyyppi	"
hiilidioksidi	"
sulfaatti	"
kalsium	"
magnesium	"

Tarkastelu eri lysimetriastioiden välillä osoittaa:

- ammoniumpitoisuudet ovat selvästi korkeimmat maanpinnalla olevissa astioissa
- nitriitti käyttäytyy samoin. Molempien määrät pienenevät alaspäin siirryttäessä selvästi
- nitraattipitoisuudet ovat suurimmillaan alimmassa astiassa
- kokonaistyyppiä esiintyy samaa kertaluokkaa olevia määriä kaikilla tasoilla
- vapaan hiilihapon määrä vähenee alaspäin siirryttäessä

Taulukko 3. Suonenjoen taimitarhan lysimetrien vesinäytteissä havaitut kvintotseeni- ja atrasiinipitoisuudet (ug/l).

Tutkija	aika	k v i n t o t s e e n i			a t r a s i i n i		
		maanp. astiat	ylempi lysim.	alempi lysim.	maanp. astiat	ylempi lysim.	alempi lysim.
KY	17.09.84		0,02	0,01		17	<3
VH	13.11.84		0,19	0,08			
VH	12.06.85		0,081	0,130			
VH	14.08.85	56*	0,016	0,131			
VH	17.09.85		0,02	0,01			
VML	10.10.86	3	0,04	3	15	10	10
VML	28.07.87		0,016	0,07		7,4	14
VML	08.10.87	0,07	ei tod.	** ei tod.**	5	5	5

* kahden astian keskiarvo
 ** määritysraja 0,03 µg/l

KY Kuopion yliopisto
 VH Vesihallitus
 VML Valtion maatalouskemian laitos

- pH-luku kasvaa lievästi alaspäin siirryttäessä
- vesi on kauttaaltaan melko happirikasta
- fosforipitoisuudet eivät merkittävästi eroa toisistaan ja ovat kokonaisuutena pienet

Tutkituissa vesissä oli havaittavissa torjunta-aineita. Nopeasti maaperässä hajoavia ditiokarbamaatteja (zinebi ja manebi) näytteissä ei alustavissa tutkimuksissa (kolme näytesarjaa astioista 1 ja 2) havaittu, mutta kvintotseenia ja atratsiinia tavattiin pieninä pitoisuuksina. Jatkotutkimuksessa keskityttiinkin näiden kahden, erityisesti kvintotseenin havainnointiin.

Näiden määrittäytulokset (taulukko 3) eivät osoita selviä eroja eri tasolla olevien astioiden suhteen. Tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia johtuen erikokoisista näyttenottoastioista, joissa laimenemisilmiöt harvat näyttenottokerrat huomioon ottaen vaikuttavat tuloksiin eri tavalla. Kuitenkin havaitaan, että sekä kvintotseeni, että erityisesti atratsiini voivat suotautua vajovedessä vähintään 4 metriä maanpinnan alle lysimetriastioita edustavissa maaperäolosuhteissa.

8.2 JUUAN VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

Kahden taimitarha-alueella olevan lähteen vesinäytteiden fysikaalis-kemiallisten määritysten tulokset on esitetty liitteessä 4, torjunta-ainejäämien tutkimustulokset on esitetty taulukossa 4, sekä orgaanisen hiilen ja raskasmetallien pitoisuudet taulukossa 5.

Fysikaalis-kemiallisia määrityksiä, erityisesti poikkeamia luonnollisen pohjaveden laatuun (vrt. taulukko 6), luonnehtivat:

- matala pH
- korkeahko sähkönjohtavuus
- korkea nitraattipitoisuus
- korkea kokonaistyyppi "
- korkeahko sulfaatti "

Huomio kiintyy lähes kauttaaltaan korkeisiin nitraattipitoisuuksiin ja kokonaistypen määrään. Pelkistyneiden tyyppiyhdisteiden määrät ovat pieniä.

Torjunta-aineista (taulukko 4) kvintotseenia havaitaan pieniä määriä useimmissa tutkituissa näytteissä. Määritykset 24.9.1984, joissa pitoisuudet olivat suurimmat, ovat jossain määrin epävarmoja. Atratsiinimääritykset aluksi epäonnistuivat ja valitettavasti tutkimus keskeytyi vuoden 1985 ajaksi. Vuosien 1986 - 1987 näytteissä todettiin atratsiinia 0,5 - 3,0 ug/l. Ditiokarbamaatteja ei alustavissa määrityksissä (2 näytteenottokertaa 1985) todettu.

Kokonaisorgaanisen hiilen määrä vaihteli lähteen 1 vesinäytteissä rajoissa 4,4 - 12 mg/l. Raskasmetallipitoisuudet olivat niin pieniä, että ne voivat olla pohjavedelle luonnollisia tausta-arvoja.

Taulukko 5. Juuan taimitarhan vesinäytteiden havaitut kokonaisorgaanisen hiilen sekä raskasmetallien pitoisuudet mg/l, lähde 1.

Määrittäminen	24.9.1984	30.7.1985	22.10.1985
TOC	4,4	5,3	12
As			0,0013
Cd			<0,0001
Cr			<0,001
Cu			<0,001
Ni			<0,001
Pb			<0,0005
Zn			0,1

Taulukko 4. Juuan taimitarhan lähdevesinäytteissä havaitut kvintotseeni- ja atratsiinipitoisuudet (ug/l).

Tutkija	aika	kvintotseeni lähde 1	atratsiini lähde 1	lähde 2
KY	24.09.84	0,23#	0,18#	määritykset epäonnistuivat;
VH	26.11.84	<0,01	0,05	tutkimus keskeytyi kaasukroma-
VH	12.02.85	<0,01	0,02	tografin vaihdon takia
VH	14.05.85	0,001		(Kuopion yliopisto)
VH	30.07.85	0,006		
VML	20.10.85	0,005		
VML	02.10.86	ei tod.**		0,5
VML	28.07.87	ei tod.		3

#	tulos epävarma
*	näytteenottopaikka vaurioitui keväällä 1985, otto lopetettu
**	määritysraja 0,03 ug/l
KY	Kuopion yliopisto
VH	Vesihallitus
VML	Valtion maatalouskemian laitos

9 TARKASTELUA JA PÄÄTELMIÄ

9.1 TORJUNTA-AINEIDEN VAIKUTUS POHJAVETEEN

Kirjallisuusselvitysten mukaan USA:ssa pohjaveteen on havaittu joutuvan erityisesti atratsiinia, joskin havaitut määrät olivat yleensä pieniä. Junkin ym. tutkimuksessa (1980) mainitaan korkeimpana arvona 88 ug/l. Spaldingin ym. tutkimuksessa vastaava arvo oli 6,96 ug/l. Ahvenlammen taimitarhan alueella havaittu maksimi oli 5 ug/l.

Juuan taimitarhalla suoritettut havainnot ovat suuruusluokkana kahta jälkimmäistä vastaavia. Suonenjoen lysi-metreistä otetuissa näytteissä esiintyi ajoittain 10 -17 ug/l pitoisuuksia.

Ghadin ym. (1984) mukaan atratsiinin puoliintumisaika (vrt. luku 4) on noin 50 vrk viljelystä riippuen. Suonenjoen taimitarhalla otetut näytteet edustavat lähikohdetta, jossa veden virtausaika ei vaikuta aineen konsentraatioon. Sitävastoin Juuassa aineen käyttö- ja näytteenottoajankohdan välinen viive, jota ei voida tarkemmin määritellä, ehtii puoliintumisen vuoksi jonkin verran vaikuttaa ainekonsentraatioihin. Pohjaveden matala pH voi edistää hajoamista.

Kvintotseeni pidättyy atratsiinia tehokkaammin maaperään. Niinpä em. vesiviranomaisten ja Keskusmetsälautakunta Tapion tutkimuksessa kvintotseenia ei havaittu pohjavedessä lainkaan. Sekä Suonenjoen että Juuan vesinäytteissä oli havaittavissa pääasiassa vain sadasosa mikrogrammaa/litra luokkaa olevia kvintotseenipitoisuuksia. Korkeampia haja-arvoja esiintyi, mutta toisaalta osa näytevesistä oli vailla merkkejä torjunta-aineista.

Edellä mainittujen pestisidihavaintojen perusteella voidaan tilannetta taimitarhoilla arvioida seuraavasti:

1. Sekä atratsiinia että kvintotseenia voi joutua pieniä määriä pohjaveteen. Todennäköisyys on sitä suurempi mitä ohuimmat pohjavedenpinnan yläpuoliset kerrokset ovat. Kerrospaksuus >10 m estää pohjaveden kontaminoitumisen ilmeisesti jo varsin tehokkaasti, koska pidättyminen pohjavedenpinnan yläpuolella oleviin maakerrokseen on todettu merkittäväksi.

2. Pitoisuudet voivat aivan kontaminaatiokohdan lähellä ylittää juomavedelle turvallisiksi katsottavat rajat (vrt. kohta 5).

3. Laimeneminen pohjavesivyöhykkeessä samoin kuin aineiden luonnollinen hajoaminen tekee pestisidit suhteellisen haitattomiksi, jos veden virtausmatka kontaminoituneelta alueelta on vähintään 500 metriä ja pohja-

TAULUKKO 6

POHJAVEDEN FYSIKAALIS-KEMIAALLISTEN MÄÄRITYSTEN MINIMI-, MEDIAANI- JA MAKSIMIARVOT LÄÄNEITTÄIN
(633 POHJAVESIESTIINTYMÄÄ, JOIDEN ANTOISUUS ON VÄHINTÄÄN 10 m³/vrk, Natukka 1962)

Määrittelys	Uudenmaan lääni			Hämeen lääni			Turun ja Porin Kymen lääni			Mikkelin lääni			Pohjois-Karjalan lääni					
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max			
Väri mg Pt/l	0	5,5	200	0	<5	380	<5	13	300	0	<5	40	<5	8	60	<5	5	450
pH-luku	5,7	6,5	7,9	4,9	6,5	7,8	5,7	6,95	8,8	5,4	6,45	7,5	5,4	6,25	7,4	5,4	6,15	6,7
Alkaliniteetti ml 0,1-n HCl/l	2,0	7	51,1	1,0	7	31	1,8	14	106	1,0	4,2	39	1,0	3,9	32	0	4,8	10
Sähkönjohtokyky (18°C) 10 ⁻⁶ Ohm ⁻¹ cm ⁻¹	33	146	478	27	128	397	35	222	903	29	99	484	27	86	495	26	93	213
Kaliumpermanganaatin kulutus KMnO ₄ mg/l	2,0	5,0	55	3,0	5,3	53,7	2,0	8,2	79	1,0	4,7	58	3,0	6,2	32	3,0	7,3	45
Rautaa Fe mg/l	0	0,47	140	0	0,18	31,5	0	0,93	14,5	0	0,09	52	0	0,70	15	0	1,0	33
Mangaania Mn mg/l	0	<0,05	2,2	0	0	0,9	0	0,11	2,1	0	0	0,6	0	0,05	0,5	0	0,06	1,8
Kalsiumia Ca mg/l	0,4	15	52,8	2,1	13	35,7	2,1	19	77,1	2,9	10	55	2,9	9,5	89,2	2,0	9	36
Magnesiumia Mg mg/l	0,4	5,4	24,7	0,8	4,6	32,4	0,9	10	40,3	0,9	2,9	18	0,9	2,7	14	0,6	3,3	13
Ammoniumia NH ₄ mg/l	0	0	26	0	0	0,7	0	0,14	2,5	0	0	0,4	0	0,06	0,4	0	<0,01	1,8
Nitriittiä NO ₂ mg/l	0	0	1,6	0	0	0,08	0	0	0,4	0	0	0,06	0	0	0,03	0	0	0,04
Nitraattia NO ₃ mg/l	0	1,3	94	0	1,5	52	0	1,0	81	0	3,6	150	0	1,0	63	0	1,1	28
Kloridia Cl mg/l	3,0	13	79	2,8	10	224	1,0	20	209,8	3,5	10	54	3,0	7,7	94	2,5	7,3	34
Sulfaattia SO ₄ mg/l	0	15,6	105	0	12,7	126	0	15	80	0	6,0	40	0	6,0	117	0	10,5	144
Bikarbonaattia HCO ₃ mg/l	12	45	314	12	45	189	12	85	647	3	28	238	12	26	195	0	28	79
Vapaata hiilidioksidia CO ₂ mg/l	2,0	25	101,5	2,2	21	97	0	23	114	2,0	20	106,5	4	23	99	4	23	118
Silikaatteja SiO ₂ mg/l	6	16	38	6	17	38	3	16	43	6	13	31	2,2	14	30	6	17	32
Fluoridia F mg/l	0	0,1	2,7	0	0,09	0,6	0	0,15	1,8	0	0,9	2,2	0	0	0,3	0	0	0,3
Haihdutusjäännös mg/l	24	125	365	38	129	435	38	195	856	34	100	500	30	75	350	36	125	670
Hehkutusjäännös mg/l	10	78	356	10	76	362	12	137	744	14	60	240	14	56	300	24	87	610
Kokonaiskovuus mg/l	0,6	3,3	14	0,5	2,9	11,4	0,5	5,1	19,0	0,6	2,2	10	0,6	1,7	14	0,5	2,2	7,3
Lämpötila °C	4,0	5,4	9,0	3,0	5,3	11	4,0	5,5	8,0	4,0	5,4	7,5	4,0	6,1	9,0	4,5	5,1	9,5

POHJAVEDEN FYSIKAALIS-KEMIAALLISTEN MÄÄRITYSTEN MINIMI-, MEDIAANI- JA MAKSIMIARVOT LÄÄNEITTÄIN
(633 POHJAVESIESTIINTYMÄÄ, JOIDEN ANTOISUUS ON VÄHINTÄÄN 10 m³/vrk, Natukka 1962)

Määrittäjä	Kuopion lääni	Keski-Suomen lääni	Vaasan lääni	Oulun lääni	Lapin lääni	Koko Suomi
min med max	min med max	min med max	min med max	min med max	min med max	min med max
Väri mg Pt/l	0 7 300	0 <5 130	<5 23 550	<5 12 300	<5 100 0	6 550
pH-luku	5,7 6,4 6,9	5,3 6,25 7,1	3,4 6,25 7,1	4,5 6,45 7,9	5,3 6,45 7,8	3,4 6,45 8,8
Alkaliniteetti ml 0,1-n HCl/l	2,0 6 18	1,0 3,3 10	0 5,2 67	0 5,5 51	0 6 67	0 6 106
Sähköjohtokyky (18°C) 10 ⁻⁶ . Ohm ⁻¹ . cm ⁻¹	32 78 398	27 66 239	23 125 998	16 97 830	18 100 629	16 121 998
Kaliumpermanganaatin kulutus KMnO ₄ mg/l	2,0 8,8 28	1,0 5,6 32	2,0 12,5 79	2,0 10,0 54	1,0 7,0 75	1,0 6,4 79
Rautaa Fe mg/l	0 1,0 20	0 0,08 8,0	0 2,6 38	0 1,3 36	0 0,16 57	0 0,4 140
Manganaania Mn mg/l	0 <0,05 1,1	0 0 0,2	0 0,09 1,5	0 0,09 1,6	0 0 1,1	0 <0,05 2,2
Kalsiumia Ca mg/l	2,5 7,5 25	1,8 5,5 27,1	1,4 7,9 45,7	1,4 6,8 109	1,4 11 57	0,4 11 109
Magnesiumia Mg mg/l	0,4 3,4 10	0,3 2,7 6	0,4 4,1 24,2	0,4 3,3 22,6	0,4 3,1 30,8	0,3 4,2 40,3
Ammoniumia NH ₄ mg/l	0 <0,01 0,7	0 0 0,7	0 0,1 7,5	0 0,04 3,0	0 0 4,0	0 0 7,5
Nitriittiä NO ₂ mg/l	0 0 0,28	0 0 0,13	0 0 0,8	0 0 0,06	0 0 0,4	0 0 1,6
Nitraattia NO ₃ mg/l	<0,1 1,9 35	0 2,1 40	0 <1,0 43	0 <1,0 12	0 <1,0 77	0 1,3 150
Kloridia Cl mg/l	1,0 6,0 103	2,0 6,5 34	2,0 10 185	1,0 7 183	1,5 4,2 68	1,0 9,7 224
Sulfaattia SO ₄ mg/l	0 8,0 33	0 2,7 21	0 10,4 141	0 6,3 80	0 3,3 79	0 9,2 144
Bikarbonaattia HCO ₃ mg/l	12 40 120	6 <20 61	0 36 408	0 33 311	6 33 408	0 37 647
Vapaata hiilidioksidia CO ₂ mg/l	3,3 23 91,5	5 22 47	5 42 125	2 28 132	4 19 111	0 23 132
Silikaatteja SiO ₂ mg/l	7 14 43	2,0 13 35	3 19 47	6 13 42	4 12 23	2 15 47
Fluoridia F mg/l	0 0 0,5	0 0 0,4	0 0,09 2,0	0 0,05 1,4	0 0,07 0,4	0 0,09 2,7
Haidutusjäännös mg/l	30 90 240	16 70 970	34 119 756	16 95 2010	28 94 402	16 117 2010
Hehkutusjäännös mg/l	14 62 130	12 39 950	17 73 532	10 50 910	16 50 247	10 73 950
Kokonaiskovuus °dH	0,6 1,7 6	0,3 1,5 4,9	0,3 2,4 13,4	0,3 1,9 18,2	0,3 2,5 15,1	0,3 2,6 19,0
Lämpötila °C	4,0 4,6 7,0	4,0 5,2 7,5	3,0 5,2 8,0	3,5 5,0 6,5	2,0 4,4 11	2,0 5,3 11

vesivarasto vähintään keskivertoa (n. 10 m kerros) edustava. Kysymyksen ollessa erittäin hyvistä ja poikkileikkaukseltaan pienistä pitkittäisharjujohteista, turvallinen etäisyys on edellä mainittuun nähden ehkä kolminkertainen varsinkin, jos pohjavettä suojaava kerros on ohut.

4. Taimitarhojen mahdollisella vaikutusalueella olevia vedenottamoita on veden laadun suhteen tarkkailtava. Erittäin uhanalaisilla alueilla pestisidien käyttöä tulisi rajoittaa.

9.2 LANNOITTEIDEN VAIKUTUS

Taimitarhat aiheuttavat alueidensa pohjavesissä voimakasta typpiyhdistemäärien kasvua. Itse taimitarhan alueella talousvedessä sallitut typpiyhdisteiden rajat ilmeisesti useimmiten ylittyvät. Haittaa eliminoi kontaminoituneiden vesien laimeneminen. Vedenottamoiden turvalliset sijoitusetäisyydet olisivat ilmeisesti lähinnä riippuvaisia maaperän vedenjohtavuudesta ja vesivaraston suuruudesta.

Fosforin määrät olivat vesiviranomaisten ja Keskusmet-sälautakunta Tapion tutkimukseenkin verrattuna pienet. Fosforipitoisten lannoitteiden käyttö ei siten aiheuttaisi riskiä pohjaveden laadulle.

9.3 HAITTAVAIKUTUSTEN VALVONTA

Taimitarhojen mahdollisia haittavaikutuksia on tarkasteltava aina tapauskohtaisesti ottaen huomioon hydrogeologiset olosuhteet. Asianmukaisella näytteenotolla ja analyttisellä tutkimuksella voidaan selvittää torjunta-aineiden ja lannoitteiden aiheuttamaa pohjaveden likaantumisriskiä täysin riittävällä tarkkuudella.

YHTEENVETO

Vesihallinnossa aloitettiin vuonna 1983 tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää erilaisten ihmistoimintojen vaikutusta pohjaveteen. Yhtenä tutkimuskohteena olivat hiekka- ja sora-alueilla sijaitsevat taimitarhat. Kirjallisuusselvitysten ohella suoritettiin vuosina 1984 - 1987 koetoimintaa Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhan alueelle rakennetulla lysimetriasemalla. Tämä käsitti maanpinnalla olevien suotoastioiden ohella yhteensä noin 4 metrin pituisen maapatsaan muodostavan lysimetriastiaston näytteenottolaitteineen, joista kerättiin vajovesinäytteitä laboratoriotutkimuksia varten. Samanaikaisesti otettiin vesinäytteitä Pohjois-Karjalan piirimetsälautakunnan Juuan taimitarhan äärellä olevista lähteistä. Tutkimus on tehty yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhan kanssa, ja siihen osallistui myös Kuopion yliopisto. Päärahoittaja on ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö.

Suoto- ja pohjaveden fysikaalis-kemiallisten parametrien ohella tutkittiin erityisesti torjunta-ainejäämiä.

Tutkimusten perusteella taimitarhojen pohjavettä kuormittavat erityisesti lannoitteista peräisin olevat typpiyhdisteet. Torjunta-aineiden tehoaineista ditio-karbamaatit pidättyvät maan pintakerrokseen tai hajoavat nopeasti kulkeutumatta, mutta atratsiini ja kvintotseeni kulkeutuvat vajovesien mukana selvästi todettavina pitoisuuksina kyseisissä olosuhteissa useiden metrien syvyydelle. Erityisesti atratsiinista löytyy pieniä jäämiä pohjavedestä maakerrospaksuuden ollessa sen yläpuolella 5 - 10 metriä. Konsentraatiot ovat kuitenkin pieniä.

Taimitarhojen haittavaikutus pohjavesissä ilmenee siten lähinnä typpiyhdisteiden määrän kasvuna. Torjunta-ainepitoisuudet eivät yleisesti näytä aiheuttavan mainittavaa riskiä, mutta paikallisesti näiden jäämät voivat olla siinä määrin korkeita, että lähistöllä olevien vedenottamoiden veden laatua on tarkkailtava. Molempien edellä mainittujen haittatekijöiden osalta haitat voidaan osoittaa analyttisellä tutkimuksella. Pohjaveden laimentumis- ja pestisidien hajaantumisi- miöiden vuoksi mahdolliset haitat eliminoituvat kuormitusta pienentämällä.

SAMMANDRAG

I vattenförvaltningen påbörjades år 1983 en undersökning, vars mål var att klarlägga effekterna av olika mänskliga aktiviteter på grundvattnet. Ett undersöknings objekt var plantskolor i sand- och grusområden. Vid sidan av litteraturstudier utfördes åren 1984 - 1987 försök vid en lysimeterstation, som uppförts inom Skogsforskningsinstitutets plantskolas område i Suonenjoki. Lysimeterstationen bestod av förutom percolationkärnen av lysimeterkärnen för en jordpelare på totalt 4 meter med tillhörande provtagningsapparat. Från pelaren togs sjunkvattensprov för laboratorieundersökningar. Samtidigt togs vattenprov från källor belägna nära Nordkarelen distriktsskognämnds plantskola i Juga. Undersökningen har gjorts i samarbete med Skogsforskningsinstitutets plantskola i Suonenjoki och i den deltog även Kuopio Universitet. Huvudfinansiär har varit Maj och Tor Nesslings Fond.

Förutom de fysikalisk-kemiska parametrarna i läckage- och grundvattnet undersöktes i synnerhet rester av bekämpningsmedel. På basen av undersökningarna belastas plantskolornas grundvatten speciellt av kväveföreningar som härstammar från gödselämnen. Av bekämpningsmedlens effektiva ämnen kvarhålls ditiokarbamaterna i markens ytsikt, men atrazin och kvintozen transporteras med sjunkvattnen i tydligt påvisbara halter i ifrågavarande förhållanden till flera meters djup. Speciellt av atrazin påträffas små rester i grundvattnet när markskiktet ovanför är 5 - 10 m tjockt. Koncentrationerna är dock små.

Plantskolornas skadeverkningar på grundvattnet framgår sålunda närmast som en ökning av halten kväveföreningar. Bekämpningsmedlen verkar inte allmänt taget orsaka någon nämnvärd risk, men lokalt kan resterna av dessa vara så höga, att vattenkvaliteten i närbelägna vattentäkter måste kontrolleras. Beträffande de två ovannämnda skadliga faktorerna kan olägenheterna påvisas genom en analytisk undersökning. På grund av grundvattnets utspädnings- och pesticidernas nedbrytningsfenomen elimineras de eventuella skadorna genom att belastningen minskas.

SUMMARY

The National Board of Waters and Environment started a research project in 1983 to investigate the influence of human activities on groundwater. A part of the project covered forest nurseries situated in sand - gravel formations. Besides a literature study also field investigations were made at Suonenjoki forest nursery by lysimeters in 1984 - 1987. The lysimeters consisted both seepage container on the ground and about 4 meters thick soilpillar with lysimeter container to take seepage samples for laboratory studies. At the same time watersamples were taken from natural springs near Juuka forest nursery.

The research has been made with the co-operation of the forest nursery of Suonenjoki and the University of Kuopio. The main financing of the research has been made by Maj and Tor Nessling Foundation.

Besides physical and chemical parameters of seepage water and groundwater, particularly pesticide residues were studied.

According to the results of the research the groundwater is heavily burdened with nitrogen compounds from the fertilizers. Affecting compounds of pesticides ditiocarbamate stay at upper levels of the soil, but atrazine and kvintotzene flow with seepage water and clearly defined concentrations can be detected under research conditions several meters deep. Especially atrazine is found in small amounts in the groundwater, although the investigated soil layer is about 5 - 10 meters above groundwater. Concentrations are however relatively low.

Harmfull effect on forest nursery is evident in the ground water with increased amounts of nitrogen compounds. Generally speaking pesticide residues do not seem to cause significant risks, but locally the residual levels of the concentrations can be so high that quality of groundwater nearby groundwater intakes should be controlled. Analytical methods are of great importance in detecting harmfull effects about the mentioned factors. Dilution and dispersing phenomenon of pesticides in groundwater are eliminated by decreasing the use of pesticides and nitrogen compounds.

KIRJALLISUUTTA

- Achari, R.G., Sandhu, S.S., Warren, W.J. 1975. Chlorinated Hydrocarbon Residues in Ground Water, Bull. Env. Cont & Tox. Vol. 13. No. 1, pp. 994 - 96.
- Ghadiri, H., Shea, P.J., Wicks, G.A., Haderlie, L.C. 1984. Atrazine Dissipation in Conventional-Till and No-Till Sorghum. J. Environ. Qual.. Vol. 13. No. 4, pp. 549 - 552.
- Junk, G.A., Richard, J.J., Svec, H.J., Fritz, J.S. 1976. Simlified Resin Sorption for Measuring Selected Contaminants. Journal AWWA. April 1976, pp. 218 -222.
- Junk, G.A., Spalding, R.F., Richard, J.J. 1980. Areal, Vertical and Temporal Differences in Ground Water Chemistry: II. Organic Constituents. J. Environ. Qual.. Vol. 9. No. 3, pp. 479.
- Loikkanen, S. 1984. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveeseen. Väiliraportti 1. Kuopion yliopisto/työ- ja teollisuushygienian laitos. Moniste 22 s.
- Maa- ja metsätaloudessa käytettävien torjunta-aineiden vesistövaikutuksia selvittänyt työryhmä. Työryhmän esitys maa- ja metsätaloudessa käytettävien torjunta-aineiden vesistövaikutuksia koskevan tutkimuksen kehittämisestä. Helsinki 1982.
- Pasanen, A., Lehtonen, H., Suomela, T., Nieminen, M., Tavaila, J. 1982. Selvitys taimitarhatoiminnan vaikutuksista pohjaveteen. Vesihallitus ja Keskusmetsälautakunta Tapio.
- Spalding, R.F., Exner, M.E., Sullivan, J.J., Lyon, P.A. 1979. Chemical Seepage from a Tail Water Recovery Pit to Adjacent Ground Water. J. Environ. Qual.. Vol. 8. No. 3, pp. 374 - 376.
- Weber, J.B. 1977. The Pesticide Scorecard. Environ. Sci. Technol. Vol. 11. No. 8, pp. 756 - 761.
- Wehtje, G., Mielke, L.N., Leavitt, J.R.C., Schepers, J.S. 1984. Leaching of Atrazine in the Root Zone of an Alluvial Soil in Nebraska. J. Environ. Qual.. Vol. 13. No. 4, pp. 507 - 513.

Winell, B. 1975. Ditiokarbamatrester i frukt, bär, grönsaker och potatis. Vår Föda 27 (2) 94 - 102.

Zaki, M.H., Moran, D., Harris, D. 1982. Pesticides in Groundwater: the Aldicarb Story in Suffolk County. NY Am J Public Health 72 (12) 1391 - 1395.

TAIMITARHOJEN HOITOTOIMENPITEET

Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarhan kasvatuskenttä K 9.

Rikkaruohojen torjunta

21.05.84	Gesaprim-50	2,5	kg/ha
02.07.84	"	2,0	"
28.05.85	"	2,0	"
28.05.85	Velpar	1,0	kg
13.06.85	"	1,0	kg/ha
26.07.85	"	2,0	"
12.06.86	Gesaprim-50	3,0	"
11.09.86	Gramoxone	1,0	l/ha

Kasvitautilien torjunta

18.06.84	Maneba	3,0	kg/ha
03.07.84	"	3,0	"
16.07.84	"	3,0	"
17.07.84	Kelthane	0,5	"
01.08.84	Lonacol	3,0	"
14.08.84	Maneba	3,0	"
03.09.84	Lonacol	3,0	"
18.09.84	Maneba	3,0	"
12.10.84	"	3,0	"
12.10.84	Avicol	15,0	"
08.11.84	"	15,0	"
17.06.85	Maneba	3,0	"
01.07.85	"	3,0	"
15.07.85	"	3,0	"
26.07.85	"	3,0	"
05.08.85	Kelthane	3,0	"
13.08.85	Lonacol	3,0	"
26.08.85	Maneba	3,0	"
13.09.85	"	3,0	"
27.09.85	"	3,0	"
27.09.85	Avicol	15,0	"
18.10.85	Bravo 500	4,0	"
22.10.85	Avicol	15,0	"
04.06.86	Ripcord (insektisidi)	0,05	% (0,8 l/ha)
12.06.86	"	0,05	% (0,8 l/ha)
17.06.86	Maneba	3,0	kg/ha
01.07.86	"	3,0	"
17.07.86	Bravo 500	3,0	"
31.07.86	"	3,0	"
15.08.86	"	3,0	"
28.08.86	Maneba	3,0	"
10.09.86	"	3,0	"
17.09.86	"	3,0	"
29.09.86	"	3,0	"
06.10.86	Avicol	15,0	"
22.06.87	Maneba	3,0	"
06.07.87	"	3,0	"
24.07.87	"	3,0	"
11.08.87	"	3,0	"
25.08.87	"	3,0	"
15.09.87	"	3,0	"

30.09.87	Maneba	3,0	kg/ha
26.10.87	Avicol	15,0	"
03.11.87	"	15,0	"

Lannoitukset

21.05.84	Oulunsalpietari	150	kg/ha
21.05.84	Kloorivapaa Y-lanta	200	"
15.06.84	Oulunsalpietari	200	"
03.07.84	Puutarhan Y-lanta	100	"
18.07.84	Kloorivapaa Y-lanta	200	"
14.08.84	Kaliumsulfaatti	100	"
14.08.84	Puutarhan Y-2	100	"
27.05.85	Oulunsalpietari	100	"
27.05.85	Kloorivapaa Y-lanta	100	"
04.06.85	Dolomiittikalkki	1 500	"
12.06.85	Oulunsalpietari	100	"
12.06.85	Kloorivapaa Y-lanta	100	"
24.06.85	Oulunsalpietari	100	"
24.06.85	Kloorivapaa Y-lanta	100	"
08.07.85	Puutarhan Y-lanta	100	"
04.06.86	Puutarhan Y-3	100	"
04.06.86	Oulunsalpietari	100	"
13.06.86	Puutarhan Y-3	100	"
07.07.86	"	100	"
07.07.86	Oulunsalpietari	200	"
16.07.86	Puutarhan Y-3	100	"
02.06.87	"	100	"

Pohjois-Karjalan piirimetsälautakunnan taimitarha, Juuka

<u>Torjunta-aineet</u>	<u>käyttö kg/vuosi</u>	<u>tehoaine g/kg</u>
Maneba	373	manebi 800
Lonacol	350	zinebi 720
Gardoprim	47	
Avicol	700	kvintotseeni 500
Gesaprim	160	atratsiini 500
Kupri	73	kuparioksidikloridi
Metasystox	2	
Tirama	4	
Bayleton	2	
Yht.	1 711	

<u>Lannoitteet</u>	<u>käyttö kg/vuosi</u>
Puutarhan Y-1	11 250
Puutarhan P-K	3 600
Puutarhan täyslannos	80
Superfosfaatti	6 100
Oulunsalpietari	9 800
X-lehtilannos	170
Soluboori	30
Kalkkisalpietari	1 500
Yht.	32 530

ANALYYSIMENETELMÄT

Analyysi	Menetelmä	Suorituspaikka
Kiintoaine	VH:213	Kuopion vesi- ja ymp.piirin lab.
Sameus	"	"
Haihdutusjäännös	"	"
Hehkutusjäännös	"	"
Väriluku	"	"
pH-luku	"	"
Sähkönjohtavuus	"	"
Alkaliniteetti	"	"
Asiditeetti	"	"
Happi	"	"
COD _{Mn}	"	"
BOD ₇	"	"
Ammonium	"	"
Nitriitti	"	"
Nitraatti	"	"
Kokonaistyyppi	"	"
Fosfaatti	"	"
Kokonaisfosfori	"	"
Kloridi	"	"
Sulfaatti	"	"
Vapaa hiilihappo	"	"
Kokonaiskovuus	"	"
Kalsium	"	" + vesi- ja ymp. hall. tutk.lab.
Magnesium	"	" "
Rauta	"	"
Mangaani	"	"
Metallit As, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn	SFS 3044	Kuopion yliopisto
Kok.org.hiili	TOC-analysaattori	Vesi- ja ymp. hall.tutk.lab.
Atratsiini	*, **	Valtion maat. kemian laitos
Kvintotseeni	*	"
Ditiokarbamaatit	***	Kuopion yliopisto

* United States Environmental Protection Agency (EPA), Manual of Analytical Methods for the Analysis of Pesticides in Humans and Environmental Samples EPA-600/8-80-038 June 1980, Section 10, A, Page 15

** Lee, Hing-Biu and Stokker Yvonne D., J. Assoc. Off. Anal.Chem. 69, 1986, 568-572, Analysis of Eleven Triazines in Natural Waters

***Winel, B. 1975. Ditiokarbamatrester i frukt, bär, grönsaker och potatis. Vår Föda 27, 1975, 94.

***Keppel, G.E., 1971. Collaboration study of the determination of dithiocarbamate residue by a modified carbon disulfide evolution method. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 54, 528 - 532.

Näytteenottopaikka

Suonenjoen taimitarha,

maanpäälliset suotoastiat

Näytteenottopisteen no.....					
Näytteenottopäivä.....	10.07.86	09.10.86			
Virtaama... l/min					
Näytteenotto-syvyys m.....					
Lämpötila.....°C	20,5	1,6			
Kiintoaine.....mg/l	1	4			
Sameus.....FTU					
Haihdutusjäännös.....mg/l					
Hehkutusjäännös.....mg/l					
Väriluku.....(Pt) mg/l					
Haju.....					
Maku.....					
pH-luku.....	6,9	6,7			
Sähkönjohtavuus..... $\sqrt{25}$...mS/m	13,1	40,1			
Alkaliniteetti.....mmol/l					
Asiditeetti.....mmol/l	0,49	0,41			
Happi.....(O ₂) mg/l	7,9				
Happi.....(O ₂) kyll.%	87				
COD _{Mn}mg/l	3,3	8,6			
COD _{Cr}mg/l					
BOD ₇mg/l					
Ammonium.....(NH ₄)...mg/l	1,04	1,68			
Nitriitti.....(NO ₂)...mg/l	1,476	8,2			
Nitraatti.....(NO ₃)...mg/l	24,8	88,6			
Kokonaistyyppi..(N _{tot})...mg/l	6,9	25,0			
Fosfaatti.....(PO ₄)...mg/l					
Kokonaisfosfori..(P _{tot})...mg/l	0,011	0,019			
Fluoridi.....(F)....mg/l					
Kloridi.....(Cl)....mg/l	5,0	6,6			
Sulfaatti.....(SO ₄)...mg/l	20,0	55,0			
Vapaa hiilihappo (CO ₂)...mg/l	35,5	25,5			
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO ₂)...mg/l					
Kokonaiskovuus.....mmol/l	0,47	1,49			
Kalsium.....(Ca)....mg/l					
Magnesium.....(Mg)....mg/l					
Rauta.....(Fe)....mg/l					
Rauta ilm. ja suod.näytt.(Fe)mg/l					
Mangaani.....(Mn)....mg/l	0,11	0,53			
Sulfidi.....(S)....mg/l					

Näytteenottopaikka

Suonenjoen taimitarha,
ylempi lysimeeri

Näytteenottopisteen no.

Näytteenottopäivä

Virtaama... l/min

Näytteenotto syvyys m

03.10.84	25.09.85	10.07.86	09.10.86	27.07.87	

Lämpötila °C

Kiintoaine mg/l

Sameus FTU

Haihdutusjäännös mg/l

Hekutusjäännös mg/l

Väriluku (Pt) mg/l

Haju

Maku

pH-luku

Sähkönjohtavuus $\sqrt{25}$ mS/m

Alkaliniteetti mmol/l

Asiditeetti mmol/l

Happi (O₂) mg/lHappi (O₂) kyll. %COD_{Mn} mg/lCOD_{Cr} mg/lBOD₇ mg/lAmmonium (NH₄) mg/lNitriitti (NO₂) mg/lNitraatti (NO₃) mg/lKokonaistyyppi .. (N_{tot}) mg/lFosfaatti (PO₄) mg/lKokonaisfosfori .. (P_{tot}) mg/l

Fluoridi (F) mg/l

Kloridi (Cl) mg/l

Sulfaatti (SO₄) mg/lVapaa hiilihappo (CO₂) mg/lKalkkia syövytt.hiilih.(CO₂) mg/l

Kokonaiskovuus mmol/l

Kalsium (Ca) mg/l

Magnesium (Mg) mg/l

Rauta (Fe) mg/l

Rauta ilm. ja suod.näytt.(Fe) mg/l

Mangaani (Mn) mg/l

Sulfidi (S) mg/l

10,8	6,1	15,1	0,1	12,0	
1	1	0,6	1		
2					
190					
99					
5					
7,0	7,2	7,2	7,2		
24,4	40,2	30,4	26,0		
0,81			0,67		
0,71	0,22	0,59			
11,1		9,5	11,6	8,7	
100		95	79	67	
2,4	1,9	2,0	1,7		
0,04	0,08	0,01	0,01	0,05	
1,188	0,66	0,253	0,056	0,361	
44,0	66,0	93,0	48,7	75,3	
13,0	35,0	21,0	12,0	18,0	
< 0,016					
< 0,005	0,012	0,004	0,002		
13,0	8,1	3,3	2,3		
8,0	15,9	19,0	29,0		
36,0		36,9	42,0		
1,0		1,19	1,03		
	36,1				
	15,1				
0,09	0,01	0,07	0,04		

Näytteenottopaikka

Suonenjoen taimitarha,
alempi lysimetri

Näytteenottopisteen no.	17.09.84	03.10.84	25.09.85	10.07.86	09.10.86	27.07.87
Näytteenottopäivä						
Virtaama... l/min						
Näytteenottosyvyys m... 0,1..						

Lämpötila	8,7	8,9	4,8	13,8	2,1	12,7
Kiintoaine	1		2	0,1	0,5	0,5
Sameus	0	2				
Haihdutusjäännös	220	230				
Hekutusjäännös	130	120				
Väriluku	0	5				
Haju			hajuton			
Maku						
pH-luku	7,3	7,3		7,5	7,3	7,1
Sähkönjohtavuus	30,0	29,2		34,1	28,0	29,5
Alkaliniteetti	0,39	0,61				
Asiditeetti	0,18			0,17	0,16	0,19
Happi	9,9			1,8	10,5	9,6
Happi	85			17	76	91
COD _{Mn}	2,4	2,6	4,2	2,5	1,4	1,5
COD _{Cr}						
BOD ₇						
Ammonium	0,42	0,09	0,16	0,19	0,1	0,07
Nitriitti	0,129	0,429	0,396	1,607	0,361	0,279
Nitraatti	34,32	418,0	61,6	119,6	84,2	84,2
Kokonaistyyppi	8,6	11,0	24,0	30,0	19,0	19,0
Fosfaatti	0,025	< 0,016				
Kokonaisfosfori	0,011	0,013	0,022	0,007	0,003	0,002
Fluoridi						
Kloridi	18,3	15,8	4,9	5,4	3,6	2,8
Sulfaatti	39,0	34,0	11,2	5,5	22,0	30,6
Vapaa hiilihappo (CO ₂)	12,2			14,2	11,9	10,8
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO ₂)						
Kokonaiskovuus	1,1	1,15		1,22	1,04	1,15
Kalsium			34,1			
Magnesium			15,8			
Rauta						
Rauta ilm. ja suod.näytt.(Fe)mg/l						
Mangaani	0,02	0,02	0,15	0,018	0,006	
Sulfidi						

VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

Näytteenottopaikka

Juuan taimitarha

Näytteenottopisteen no. Lähde 1

Näytteenottopäivä	24.09.84	26.11.84	14.05.85	30.07.85	22.10.85	09.07.86	01.10.86	27.07.87
Virtaama l/min								
Näytteenottosyvyys m	0,1							

Lämpötila	6,6	5,7	3,6	5,0		4,5	6,0	4,7
Kiintoaine	1	4	8	6		1,7	3	2
Sameus	1		3	1				
Haihdutusjäännös	183							
Hekutusjäännös	70							
Väriluku	5		5	5				
Haju								
Maku								
pH-luku	5,4	5,5	5,5	5,5		5,6	5,6	5,6
Sähkönjohtavuus	19,3	18,6	20,1	22,4		16,8	20,4	21,8
Alkaliniteetti	0,04		0,04	0,04				
Asiditeetti	0,18	0,35	0,37	0,17		0,21	0,34	0,25
Happi	7,7	7,1	7,6	8,0			7,9	8,7
Happi	65	57	58	63			63	67
COD _{Mn}	3,5	3,2	4,4	2,5		8,2	2,3	1,5
COD _{Cr}	15							
BOD ₇	< 2							
Ammonium	0,05	< 0,01	0,1	< 0,01		0,005	0,008	0,006
Nitriitti	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,006		0	0,003	0,003
Nitraatti	170,84	61,6	62,48	185,36		57,59	70,9	79,7
Kokonaistyyppi	17,3	16,0	15,0	20,4		13,4	17,0	19,0
Fosfaatti	< 0,016		0,017	0,019				
Kokonaisfosfori	< 0,005	0,007	0,01	0,006		0,023	0,005	0,003
Fluoridi					0			
Kloridi	2,3	1,7	2,3	2,1		1,3	0,8	1,9
Sulfaatti	16,1	20	18	16,7		18,1	15,0	18,0
Vapaa hiilihappo	20		19	15		20,1	20,6	16,1
Kalkkia syövytt.								
Kokonaiskovuus	0,69		0,73	0,82		0,64	0,78	0,86
Kalsium								
Magnesium								
Rauta					0			
Rauta ilm. ja suod. näytt.								
Mangaani	0,02	0,02	0,02	0,02		0,05	0,009	0,008
Sulfidi								

Näytteenottopaikka

Juuan taimitarha

Näytteenottopisteen nolähde.2.

Näytteenottopäivä	24.09.84	26.11.84	12.02.85	22.10.85		
Virtaama.. l/min						
Näytteenottosyvyys m.. 0,1..						

Lämpötila	°C	6,6	4,1	2,1		
Kiintoaine	mg/l	18	0	2		
Sameus	FTU	2				
Haihdutusjäännös	mg/l	303				
Hehkutusjäännös	mg/l	100				
Väriluku	(Pt) mg/l	5				
Haju						
Maku						
pH- luku		5,4	5,4	5,6		
Sähkönjohtavuus	√25...mS/m	32,2	30,8	24,9		
Alkaliniteetti	mmol/l	0,08				
Asiditeetti	mmol/l	0,23	0,35	0,37		
Happi	(O ₂) mg/l	2,3	7,7	8,1		
Happi	(O ₂) kyll. %	19	59	59		
COD _{Mn}	mg/l	1,1	0,7	0,3		
COD _{Cr}	mg/l	<10				
BOD ₇	mg/l	< 2				
Ammonium	(NH ₄) ...mg/l	0,06	< 0,01	< 0,01		
Nitriitti	(NO ₂) ...mg/l	0,016	< 0,003	< 0,003		
Nitraatti	(NO ₃) ...mg/l	149,6	127,6	105,6		
Kokonaistyyppi	(N _{tot}) ...mg/l	36,0	30,0	24,0		
Fosfaatti	(PO ₄) ...mg/l	< 0,016				
Kokonaisfosfori	(P _{tot}) ...mg/l	0,02	< 0,005	< 0,005		
Fluoridi	(F) ...mg/l			0		
Kloridi	(Cl) ...mg/l	2,0	1,7	1,9		
Sulfaatti	(SO ₄) ...mg/l	7,3	9,7	15		
Vapaa hiilihappo (CO ₂)	mg/l	31		17,9		
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO ₂)	mg/l					
Kokonaiskovuus	mmol/l	1,2				
Kalsium	(Ca) ...mg/l					
Magnesium	(Mg) ...mg/l					
Rauta	(Fe) ...mg/l			0		
Rauta ilm.ja suod.näytt.(Fe)	mg/l					
Mangaani	(Mn) ...mg/l	0,04	< 0,01	< 0,01		
Sulfidi	(S) ...mg/l					

